

Requested Patent: JP8168996A

Title: METHOD AND DEVICE FOR BORING HOLE IN CERAMIC GREEN SHEET ;

Abstracted Patent: JP8168996 ;

Publication Date: 1996-07-02 ;

Inventor(s):

TANAKA HIDEAKI;; TAKASAKI MITSUHIRO;; IWAMURA RYOJI;; MURAYAMA
NOBUYASU;; TAKAHASHI KAZUTOSHI;; SENGOKU NORIO;; OKADA KENICHI ;

Applicant(s): HITACHI LTD ;

Application Number: JP19950055865 19950315 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: B26F1/04; B26D5/20; H05K3/46 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

PURPOSE: To enhance the accuracy of hole positions by moving a punch-pin supporting block using a movement means, controlling this movement using a control means, and varying the punching intervals of the punch pins relatively.

CONSTITUTION: In a boring device, a frame with a green sheet affixed thereto is held in position by a green sheet frame holding jig 16. A die set 14 holding the green sheet on the holding jig 16 can move back and forth in Z direction, and an X-direction stage 10, a Y-direction stage 11 and a theta-direction turning stage 15 are moved by a command signal of a function generator 13 and have their feed rates controlled. Thus holes are bored in a certain pattern in the green sheet. A plurality of punch pins 21 are mounted on the upper die 22a of the die set 14. The upper die 22a is opposite to a lower die 22b with a predetermined interval between, and the plurality of punch pins 21 are put into reciprocating motion either simultaneously or selectively by control of a solenoid 20, so that holes are bored in the green sheet stretched between the upper and lower dies 22a, 22b.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-168996

(43) 公開日 平成8年(1996)7月2日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 6 F 1/04	Z			
B 2 6 D 5/20	B			
H 0 5 K 3/46	H	6921-4E		
	X	6921-4E		

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平7-55865

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

(22) 出願日 平成7年(1995)3月15日

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田中 秀明

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(31) 優先権主張番号 特願平6-90547

(32) 優先日 平6(1994)4月5日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 高崎 光弘

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(31) 優先権主張番号 特願平6-138518

(32) 優先日 平6(1994)6月21日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 岩村 亮二

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(31) 優先権主張番号 特願平6-249884

(32) 優先日 平6(1994)10月17日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(74) 代理人 弁理士 秋本 正実

最終頁に続く

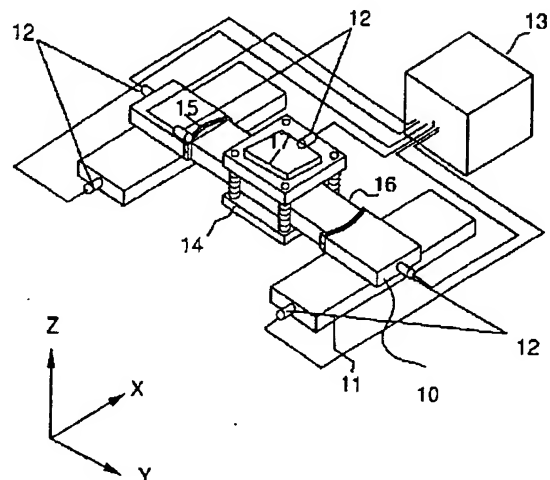
(54) 【発明の名称】 セラミックグリーンシートの穴明け加工方法およびその装置

(57) 【要約】

【目的】 穴位置精度の向上を可能とするセラミックグリーンシート穴明け加工方法およびその装置の提供。

【構成】 グリーンシートをX、Y、θ方向に移動させるステージ10、11、15と、前記ステージ上のグリーンシートに対し、垂直方向に往復運動をし、かつパンチピンを支持しているダイセット14と、これらを制御する関数発生装置13とを具備し、穴明けパターンにしたがい、前記ステージ10、11、15の移動ピッチと複数のパンチピンを同時あるいは選択的に関数発生装置13の信号により制御させ、前記パンチピンの打ち抜き間隔を相対的に変化させて、パンチ穴の位置ずれ量を修正するように構成したものである。

【図1】



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のパンチピンを備えた上型とそれに嵌合させる複数のダイブッシュを備えた下型を有し、上記上型、下型の間にグリーンシートを移動させるX、Yテーブルと制御装置を備え、前記制御手段により、グリーンシートが支持される基板支持部の水平二次元方向の移動ピッチと、前記基板支持部に対し垂直方向に往復運動をする支持台に支持されたパンチピンとを制御し、穴明けパターンにしたがい、各パンチピンに割り当てられた穴明けエリアに各パンチピンと対応するダイブッシュにより同時あるいは選択的に順次穴明けを行なうセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、移動手段により前記パンチピンの支持台を移動させ、前記制御手段により前記移動を制御し、前記パンチピンの打ち抜き間隔を相対的に変化させることを特徴とするセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項2】 前記制御手段により、前記パンチ穴の位置ずれ量を予測して補正量を算出し、前記補正量により前記パンチピンの支持台の移動、もしくは前記水平二次元方向の運動ピッチのいずれかまたは双方を制御させることを特徴とする請求項1記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項3】 順次1列の穴明けを行なう穴明け方向と直交する方向で前記各パンチピンに割り当てられた穴明けエリアを複数のエリアに分割し、一端の分割エリアの第1列目の穴明けを行なった後、順次、隣接する分割エリアの第1列目の穴明けをそれぞれ行ない、次いで、前記一端の分割エリアの第2列目の穴明けを行なった後、順次、隣接する分割エリアの第2列目の穴明けをそれぞれ行ない、以下、同様にして、各分割エリアの全ての列の穴明けを行なうことを特徴とする請求項1記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項4】 順次1列の穴明けを行なう穴明け方向と直交する方向で前記各パンチピンに割り当てられた穴明けエリアを複数のエリアに分割し、一端の分割エリアから最も離れた分割エリアの穴明けを前記一端側の列から順次最後の列まで行ない、次いで、前記最も離れた分割エリアに隣接する分割エリアの穴明けを前記一端側の列から順次最後の列まで行ない、以下、同様にして、前記一端の分割エリアまで順次穴明けを行なうことを特徴とする請求項1記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項5】 前記グリーンシートの空孔充填率を、40%以上にすることを特徴とする請求項1、2、3または4記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項6】 穴明け時の温度が、グリーンシートのバインダのガラス転移点以下であることを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項7】 穴明け時のグリーンシートの湿度が、40%RH以下にすることを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項8】 前記パンチ穴の間隔と前記パンチピン径との比が5以上であることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6または7記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項9】 前記穴明けパターンに対し、第一列の穴明けをパンチ穴の間隔の二倍以上のピッチ間隔で行い、第二列以降の穴明け位置に、その前列のパンチ穴位置から最大離隔している位置を選択することを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7または8記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項10】 前記穴明けパターンに対し、前記穴明け箇所を、パンチ穴が左右もしくは前後に対称に隣接して存在する位置に選択することを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8または9記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項11】 前記制御手段として、関数発生装置もしくはマイクロコンピュータのいずれかを用いることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9または10記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法。

【請求項12】 複数のパンチピンを備えた上型とそれに嵌合させる複数のダイブッシュを備えた下型を有し、上記上型、下型の間にグリーンシートを移動させるX、Yテーブルと制御装置を備え、グリーンシートを支持する基板支持部を水平二次元方向に移動させる基板支持部移動手段と、前記基板支持部に対し垂直方向に往復運動をし、かつパンチピンを支持しているパンチピン支持手段と、これらを制御する制御手段を具備し、前記制御手段により、穴明けパターンにしたがい、前記基板支持部移動手段の移動ピッチと、前記パンチピンとを制御し、前記グリーンシートにパンチ穴を打ち抜かせるように構成したセラミックグリーンシートの穴明け加工装置において、前記パンチピン支持手段に移動手段を設け、前記制御手段により、前記移動手段を制御させ、前記パンチピンの打ち抜き間隔を相対的に変化させるように構成したことを特徴とするセラミックグリーンシートの穴明け加工装置。

【請求項13】 前記基板支持部移動手段が、前記グリーンシートを前記水平二次元面内に回転移動させる機構を具備していることを特徴とする請求項12記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工装置。

【請求項14】 前記パンチピン支持手段は、前記パンチピンを取り付ける中空穴を有し、かつ該中空穴が偏心しているガイドブッシュを挿着させる固定穴を備えたことを特徴とする請求項12または13記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工装置。

【請求項15】 前記制御手段を、関数発生装置もしくはマイクロコンピュータのいずれかで構成したことを特徴とする請求項12、13または14記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、セラミックグリーンシートの穴明け加工方法およびその装置に係り、特に、セラミック多層配線基板の製造におけるスルーホール加工、穴埋めおよび配線印刷工程を、穴位置ずれ量を低減して高精度に行い、穴埋め時の歩留まりを向上させるのに好適なセラミックグリーンシートの穴明け加工方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、セラミック多層配線基板は、次ぎのような順序で製造される。まず、セラミックス原料の粉末を有機バインダ中に分散して得られるスラリーを、ブレードで作られた細い間隙より流出させて乾燥させる、いわゆるキャストイング工程にてグリーンシートとよばれる薄い板状物を成形する。次ぎに、前記グリーンシートを所定の寸法に切断した後、該グリーンシートにスルーホール加工、穴埋め印刷、所望の配線パターン印刷等が行われる。そののち、積層して加熱・加圧して圧着体を作り、この圧着体を焼結するという工程により製造される。

【0003】 ところで、グリーンシートの穴明けは、グリーンシートが軟弱、かつ容易に変形することから、前記スルーホール加工、穴埋め印刷および所望の配線パターン印刷を正確に形成させることが難しいという欠点があった。これに対応するため、まず、グリーンシートの寸法安定化の技術が種々提案されていた。例えば、グリーンシートの積層時まで保持材を密着させる方法がある。これらに関連するものとして、特開昭57-85290号公報記載の技術がある。また、グリーンシートにプレスを施し、経時的な寸法変化を小さくする方法がある。これらに関連するものとして、特開昭58-154293号公報記載の技術があった。

【0004】 このように、グリーンシートの寸法安定化の技術が確立しても、近時の大型計算機の高機能化に伴う成形、スルーホール加工、パターンの印刷および積層工程における寸法精度の向上、特に、スルーホール加工工程での高密度化に伴う小スルーホール径化および狭ピッチ化、また、基板サイズの大面積化に伴い要求される高精度な穴明け加工技術への対処が困難であった。

【0005】 これに対して、プログラム可能なセラミック・シート・パンチ装置（例えば、特公昭57-33717号公報）が提案されている。この装置は、パンチ・ヘッドの上面より内に伸び、行列状に相互に密接して配列された複数の大径の穴に設けられたソレノイド素子と、前記大径の穴から前記パンチ・ヘッドの底面まで当

該穴と同軸でパンチする小径の穴と、前記小径の穴内に配置されたソレノイド素子により作動されるパンチ素子と、前記パンチ・ヘッドの真下には、グリーンシートが支持される基板支持部が設けられ、前記基板支持部は、水平二次元方向に運動するように構成されている。

【0006】 図32はグリーンシートの穴明けを模式的に示した図である。グリーンシート192はシート枠321に取り付けられ、XY移動テーブル322にセットされる。穴明けは、図示しない制御装置の制御の下に、グリーンシート192の下部に配置された下型22bに取り付けられたダイブッシュ26とグリーンシート192の上部に配置されたパンチピン21を嵌合することにより行なわれ、穴明けされる毎にXY移動テーブル322が移動され、順次穴明けが実行される。なお、nはパンチピンの本数を示す。

【0007】 上記穴明け方法は、グリーンシートが支持される基板支持部を水平二次元方向に運動させ、かつソレノイド素子により動作させるパンチ素子の垂直方向の位置を制御することによって、グリーンシート内に所望の穴パターンを形成することができる優れた方法といえることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、従来においては、グリーンシートの寸法安定化させ、上記のような優れた装置により所望の穴パターンを形成しても、その加工穴の位置は、その穴抜きにより前記シート内に発生したひずみが累積し、設計位置との間にずれを発生させる。

【0009】 上記従来の装置においては、前記パンチ素子をそれぞれ独立して駆動できる構造にするため、電磁コイル等の駆動部が取り付けられているが、該パンチ素子間の軸間ピッチを調整するためには、これら各駆動部の占めるスペースが障害物となり多軸化の限界を生じていた。したがって、前記設計位置とのずれを修正しようとしても困難であるという問題点を有していた。

【0010】 そして、前記発生する加工穴の位置ずれは、次の穴埋め印刷工程においても設計穴位置に対応して作成されている印刷用マスクの穴位置とずれるため、穴埋めが十分でなくなり、不良を発生させるという問題点を有していた。

【0011】 また、さらに、前記加工穴の位置ずれは、積層時のスルーホール位置ずれを発生させて、配線不良の原因となる問題点を有していた。

【0012】 本発明は、かかる従来技術の問題点を解決するためになされたもので、パンチ穴の間隔を相対的に調整し、その位置ずれを修正し、スルーホール加工、穴埋めおよび配線印刷工程段階での加工精度および信頼性を向上させ、特に穴埋め時の歩留まりを向上させるセラミックグリーンシートの穴明け加工方法およびその装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的は、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の構成を、複数のパンチピンを備えた上型とそれに嵌合させる複数のダイブッシュを備えた下型を有し、上記上型、下型の間にグリーンシートを移動させるX、Yテーブルと制御装置を備え、前記制御手段によりグリーンシートが支持される基板支持部を水平二次元方向の移動ピッチと、前記基板支持部に対し垂直方向に往復運動をする支持台に支持されたパンチピンとを制御し、穴明けパターンにしたがい、各パンチピンに割り当てられた穴明けエリアに各パンチピンと対応するダイブッシュにより同時あるいは選択的に順次穴明けを行なうセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、移動手段により前記パンチピンの支持台を移動させ、前記制御手段により前記移動を制御し、前記パンチピンの打ち抜き間隔を相対的に変化させることにより達成することができる。

【0014】また、上記目的は、セラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、前記制御手段により、パンチ穴の位置ずれ量を予測して補正量を算出し、前記補正量により前記パンチピンの支持台を移動、もしくは前記水平二次元方向の運動ピッチのいずれかまたは双方を制御させることにより達成することができる。

【0015】また、上記目的は、順次1列の穴明けを行なう穴明け方向と直交する方向で前記各パンチピンに割り当てられた穴明けエリアを複数のエリアに分割し、一端の分割エリアの第1列目の穴明けを行なった後、順次、隣接する分割エリアの第1列目の穴明けをそれぞれ行ない、次いで、前記一端の分割エリアの第2列目の穴明けを行なった後、順次、隣接する分割エリアの第2列目の穴明けをそれぞれ行なうことにより達成することができる。

【0016】また、上記目的は、順次1列の穴明けを行なう穴明け方向と直交する方向で前記各パンチピンに割り当てられた穴明けエリアを複数のエリアに分割し、一端の分割エリアから最も離れた分割エリアの穴明けを前記一端側の列から順次最後の列まで行ない、次いで、前記最も離れた分割エリアに隣接する分割エリアの穴明けを前記一端側の列から順次最後の列まで行ない、以下、同様にして、前記一端の分割エリアまで順次穴明けを行なうことにより達成することができる。

【0017】また、上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、前記グリーンシートの空孔充填率を40%以上にすることにより達成することができる。

【0018】また、上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、穴明け加工時の温度が、グリーンシートのバインダのガラス転移点以下であることにより達成することができる。

【0019】また、上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、穴明け時のグリーンシートの湿度が、40%RH以下にすることにより達成することができる。

【0020】また、上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、前記パンチ穴間隔と前記パンチピン径との比が5以上であることにより達成することができる。

【0021】また、上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、前記穴明けパターンに対し、第一列の穴明けをパンチ穴間隔の二倍以上のピッチ間隔で穴明けし、第二列以降の穴明け位置に、その前列でのパンチ穴位置から最大離隔している位置を選択することにより達成することができる。

【0022】また、上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、前記穴明けパターンに対し、前記穴明け箇所を、パンチ穴が左右もしくは前後に対称に隣接して存在する位置に選択することにより達成することができる。

【0023】また、上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工方法において、前記制御手段として、関数発生装置もしくはマイクロコンピュータのいずれかを用いることにより達成することができる。

【0024】さらに、上記目的は、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工装置の構成を、複数のパンチピンを備えた上型とそれに嵌合させる複数のダイブッシュを備えた下型を有し、上記上型、下型の間にグリーンシートを移動させるX、Yテーブルと制御装置を備え、グリーンシートを支持する基板支持部を水平二次元方向に移動させる基板支持部移動手段と、前記基板支持部に対し垂直方向に往復運動をし、かつパンチピンを支持しているパンチピン支持手段と、これらを制御する制御手段を具備し、前記制御手段により、穴明けパターンにしたがい、前記基板支持部移動手段の移動ピッチと、前記パンチピンとを制御し、前記グリーンシートにパンチ穴を打ち抜かせるように構成したセラミックグリーンシートの穴明け加工装置において、前記パンチピン支持手段に移動手段を設け、前記制御手段により、前記移動手段を制御させ、前記パンチピンの打ち抜き間隔を相対的に変化させるように構成することにより達成することができる。

【0025】上記目的は、前項記載のセラミックグリーンシートの穴明け加工装置において、前記基板支持部移動手段が、前記グリーンシートを前記水平二次元面内に回転移動させる機構を具備することにより達成することができる。

【0026】上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工装置において、前記パ

ンチピン支持手段は、前記パンチピンを取り付ける中空穴を有し、かつ該中空穴が偏心しているガイドブッシュを挿着させる固定穴を備えたことにより達成することができる。

【0027】上記目的は、前項記載のいずれかのセラミックグリーンシートの穴明け加工装置において、前記制御手段を、関数発生装置もしくはマイクロコンピュータのいずれかで構成することにより達成することができる。

【0028】

【作用】上記各技術的手段の働きは次ぎのとおりである。本発明の構成によれば、前記パンチピンの支持台を移動させ、前記パンチピンの間隔を相対的に変化させるようにしたので、打ち抜かれるパンチ穴の間隔が調整され、その位置ずれを修正することができる。また、グリーンシートを水平二次元面内、回転方向に移動させ、パンチピンを偏心軸を有するガイドブッシュに取付けるようにしたので、パンチピン軸間間隔を任意、かつ容易に調整することができ、パンチ穴の位置ずれを修正することができる。また、パンチ穴の位置ずれ量を予測し、その補正量を用い、パンチ穴間距離を調整するようにしたので、その位置ずれの修正が容易、かつ正確にできる。

【0029】また、各々のパンチピンが受け持つ各穴明けエリアにおいて、既に穴明けされた穴列に対する新たな穴列の穴明けをすることによる変形（伸び）の影響のないように、新たな穴列の穴明けを、既に穴明けされた穴列から十分離れた位置に、行なうことで、あたかも各エリア内を数本のパンチピンで同時に穴明けした（狭軸間ピッチまたは多軸化）のと同等の効果が得られ、位置ずれ精度を向上させることができる。また、各穴明けエリアを複数のエリアに分割し、一端の分割エリアから最も離れた分割エリアの穴明けを、前記一端側の列から順次最後の列まで行い、ついで、前記最も離れた分割エリアに隣接する分割エリアの穴明けを前記一端側の列から順次最後の列まで行い、以下、同様に穴明けすることにより、一番最初に明けた分割エリアが受ける累積歪を、つぎに明けられる分割エリアの累積歪と相殺し合わせることが可能になり、穴位置精度を向上して位置ずれ精度を向上させることが可能になる。

【0030】また、グリーンシートの空孔率を増大させたので、グリーンシート内の圧縮応力および圧力伝搬性が小さくなり、パンチ穴の位置ずれ量を低減することができる。また、シート厚さ／パンチ径比を所定比以下、すなわちグリーンシートを薄くすることにより、圧縮応力を小さくすることができ、パンチ穴の位置ずれ量が小さくすることができる。

【0031】また、穴明け加工時の温度を所定値以下としたので、グリーンシートのヤング率が向上し、圧力伝搬性が小さくなり、パンチ穴の位置ずれ量が小さくすることができる。

【0032】また、穴明け加工時の湿度を所定値以下としたので、グリーンシートのヤング率が向上し、圧力伝搬性が小さくなり、パンチ穴の位置ずれ量が小さくすることができる。

【0033】また、穴明け加工の抜き順を所定順にすることにより、穴明け加工によって発生するひずみを左右あるいは前後に対称に発生させながら、グリーンシートの形状による剛性の非対象性を利用し、パンチ穴の位置ずれ量が小さくすることができる。

10 【0034】

【実施例】本発明に係わる【実施例1】ないし【実施例6】を、図1ないし図31を参照して順に説明する。

【0035】【実施例1】まず、セラミックグリーンシートの穴明け加工装置の一例について図1および図2を参照して説明する。図1は、セラミックグリーンシートの穴明け加工装置の基本構成の略示説明図、図2は、図1の実施例に係る穴明け加工装置の部分拡大図で、パンチ間距離を補正するためのダイセットの基本構成図である。本実施例においては、制御手段に関数発生装置を用いた場合について説明する。

20 【0036】図中、10はX方向ステージ、11はY方向ステージ、12は、各方向ステージの駆動パルスモータ、13はパルスモータ駆動信号を出力する関数発生装置、14はダイセット、15はθ方向回転ステージ、16はグリーンシート枠保持用治具、17はパンチヘッドである。

【0037】穴明け加工装置は、グリーンシートを張った枠をグリーンシート枠保持用治具16により固定し、前記保持用治具16上のグリーンシートを挟置するダイセット14が、Z方向に往復運動可能で、X方向ステージ10、Y方向ステージ11およびθ方向回転ステージ15に関数発生装置13の指示信号により移動させられ、かつ送りピッチを制御されることにより、グリーンシートに任意のパターンの穴明けがなされるように構成されている。

【0038】次ぎに、ダイセット14について説明する。図2(a)は、図1に係る実施例の穴明け加工装置におけるダイセットの構成図、図2(b)は、図1に係る実施例の穴明け加工装置におけるパンチ間距離が補正できるダイセットの説明図である。

【0039】図2において、20はソレノイド、21はパンチピン、22aはダイセット上型、22bはダイセット下型、23はパンチブッシュガイド、24は弾性材、25はダイセット上型支持部材、26はダイブッシュ、27はダイセット位置決め用の穴である。

【0040】図2(a)において、ダイセット14は、ダイセット上型22aと、ダイセット下型22bからなり、前記ダイセット上型22aには、複数のパンチピン21が取り付けられている。前記ダイセット上型22aは、弾性材24を介してダイセット下型支持部材25に

より位置決め固定されている。前記上型支持部材25は、ダイセット上型22aに設けられている穴27に挿入されるようになっており、図示しない駆動装置により、ダイセット上型22aは所定の間隔でダイセット下型22bと相対し、ソレノイド20を制御して複数のパンチピン21が同時あるいは選択的に往復運動して、ダイセットの上、下型22a、22b間に張られたグリーンシート（図示せず）に穴明け加工がなされる。

【0041】次に、図2(b)について、パンチピンの位置が補正できるダイセット上型について説明する。前記パンチガイドブッシュ23は中空構造になっており、その中にパンチピン21を挿入した状態で、ダイセット上型22aに挿入されパンチピン21の位置決めが行われる構造になっている。

【0042】前記パンチガイドブッシュ23は、外部形状の中心軸と内部形状の中心軸の位置とが異なる、いわゆる偏心構造になっており、該偏心により各パンチピン21間の間隔の微量調整が行われ、前記θ方向回転ステージ15の運動と協動して、各パンチピン21の位置を任意の値に設定可能になっている。この場合、パンチを受けるダイセット下型22bのダイブッシュ26の形状は、パンチピン21の位置の補正に対応できる形状、例えば楕円等になっているので、任意のパンチ間距離およびグリーンシートの送りピッチの調整に対応することができる。

【0043】なお、上記実施例においては、制御手段に関数発生装置13を用いた場合について説明したが、これに限定されるものでなく、制御手段にマイクロコンピュータ等を用いても差し支えない。

【0044】〔実施例2〕次に、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の第1の実施例を図3、4、5、6、7、8、9、10、11を参照して説明する。まず、本実施例に係る図8、9、10および11に示す穴明け加工法を明確にするため、図3、4、5、6および7に示す従来の穴明け加工方法と比較して説明する。図3は、従来のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の説明図、図4は、図3の穴明け加工法の穴明け順の説明図、図5は、図3の穴明け加工方法による変位図、図6は、図4の穴明け加工方法による加工位置の実測値を示す線図、図7は、図6の加工穴位置の実測値と設計位置との誤差を示す線図である。図8は、本実施例に係る穴明け加工方法における穴位置ずれ量を示す線図、図9は、図8の穴明け加工方法における穴位置ずれ量の補正方法の説明図、図10は、図8の穴明け加工方法における穴位置ずれ量の補正後の分布図、図11は、図8の穴明け加工方法における穴位置ずれ量の他の補正後の分布図である。

【0045】従来の穴明け加工装置は、前述した如く、所望のパターンに穴加工できるようにパンチピンを独立に駆動できる構造にするため、各パンチピンには電磁コ

イル等の駆動部が取付けられており、例えば、X方向6軸、Y方向6軸、計36軸のパンチピンを用い、穴明けエリアを36分割して1軸が担当する穴明けエリアを1/36にした場合、1軸で全エリアを穴明けした時に比べて、穴明け加工時間の大幅な短縮が図れるようにしている。このため、穴明け加工は図3に示す如く、穴明けエリアをマトリックス状に分割し、各々のマトリックス31のピッチ距離に合わせてパンチピン21が配設され、ダイセット上型（図示せず）を用いて行なうのが一般的である。この場合、各パンチピン21は、対応する一つのマトリックス31を穴明け加工する。

【0046】図4は、図3に示すマトリックス31の穴明け順の一例を示した図で、その穴抜き順は、マトリックス31に対しX方向に図中の番号にしたがい所定のピッチで穴明けを行い、一列目のn個まで終了したのちY方向に一ピッチ移動させる。そして、X方向に所定のピッチで穴明けを行い、二列目のn個まで終了する。この動作を繰返すことにより、Y方向にn個まで穴明けする間に、X方向にも所定のピッチでn個の穴明けが行われ、合わせて n^2 個の穴明けを行わせることができる。

【0047】図5(a)は、上記図4で説明した穴抜き順により、マトリックス31が 6×6 のマトリックスである場合、各マトリックスにおける1、 $n/2$ およびn番目に抜かれた穴の加工中の変位を示した線図である。図5(b)は図5(a)の一部拡大図である。図中、51は、第1列目(n個)の穴を加工した時点での上記1、 $n/2$ およびn番目の穴を座標測定機により測定した実測値を示しており、設計穴位置と一致している。以下、52は、第 $n/4$ 列目の穴を加工した時点での1、 $n/2$ およびn番目の穴の座標位置、53は第 $n/2$ 列目の穴を加工した時点での1、 $n/2$ およびn番目の穴の座標位置、54は第3 $n/4$ 列目の穴を加工した時点での1、 $n/2$ およびn番目の穴の座標位置、55は第n列目(n^2 個)の穴を加工した時点での1、 $n/2$ およびn番目の穴の座標位置である。

【0048】図示するごとく、穴明けされた穴は、次に明けた穴のひずみを累積して打ち抜いた穴数の増加に伴い位置ずれ量が増しており、それだけ設計穴位置からずれている。

【0049】図6は、上記図4で説明した穴抜き順でマトリックス31が 6×6 のマトリックスである場合、各マトリックス31の四隅の点を座標測定機により測定した実測値である。図中、太点線で示したマトリックスが、所望する設計パターンである。

【0050】また、図7は、前記図6で示した実測値と設計穴位置との差分、すなわち穴位置の誤差を示している。図7の場合には、穴位置精度は、約 $\pm 0.08\text{mm}$ であることを図示している。一般に、グリーンシートは、次の穴埋め印刷工程で導通ペーストがスルーホール内に充填される。この時、穴埋め印刷用のマスクは、穴

明け設計位置と同様のマトリックスパターンになっているため、穴位置精度が悪いと穴埋めができないことになる。

【0051】次に、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の第1の実施例を図8、9、10、11を参照して説明する。図8から図11までは、本実施例によるパンチピン間隔および送りピッチを補正することにより、前記図3から図7までに示した穴明け加工の穴位置精度を向上させる方法の説明用の線図である。図中、81は、穴抜きエリアをマトリックス状に分割した1パンチエリア、82は、1パンチエリア内での穴位置ずれの平均値、83は、穴位置ずれ量をそれぞれ示すものである。

【0052】図8は、前記図4で示した抜き順で穴加工し、図5に示した穴位置精度で最も穴位置ずれが大きく発生しているX座標の $X=0.6$ の位置にある A_1-A_2 上の全穴の実測値と設計穴位置との差分を示した図である。すなわち、図8において、X軸は、前記図5に示すX座標の $X=0.6$ の位置にある穴位置を A_1-A_2 上のY方向一列に示し、Y軸は、実測値と設計穴位置との差分を示している。前記差分がマイナスの場合は、設計穴位置に対し縮みを示し、プラスの場合は伸びを示している。以下、この穴位置ずれ量83を穴位置精度の基準として用いる。

【0053】図8に示すように、穴位置ずれ量83は、パンチエリア間でのずれとパンチエリア内のずれの両方を考慮して低減しなければならない。そこで、図9は、まずパンチエリア間のずれ量を補正する方法を示した線図である。前記パンチエリア間のずれ量補正は、パンチピッチ距離を補正することにより可能である。パンチピン21間距離を等間隔に配置することにより各パンチエリア間の穴位置ずれは均一となるはずである。しかし、穴明けされた穴は、穴ひずみを累積するため前記図8に示した如く均一とはならない。

【0054】前記パンチエリア間のずれ量の補正方法は、各パンチエリア内における穴位置ずれの平均値82だけ、予め、パンチピン21間距離を補正して穴明けすることにより、パンチエリア内における穴位置ずれの平均値を零にすることにより達成される。これは、穴位置ずれ量83は、各パンチエリア内における穴位置ずれの平均値を0にすることにより、最大穴位置誤差のパンチエリア内のずれ量と等しくなるため、このパンチエリア内の穴位置誤差を低減すればよい。

【0055】図9に示すごとく、各パンチエリア内における穴位置ずれの平均値82だけ予めパンチ間距離を補正して穴明けすることにより、パンチエリア内における穴位置ずれの平均値は0になる。

【0056】図10は、穴位置ずれ分布の一番大きい右端部のパンチエリアの穴位置ずれの平均値82に対し、パンチピン21間距離を a だけ移動して補正したときの

穴位置ずれ分布図である。図10に示すように、右端部のパンチエリアの穴位置ずれ分布は補正量 a だけ下方に移動し、図示では微差であるが、穴位置ずれ量83は低減する。

【0057】次に、パンチエリア内の穴位置ずれ分布を補正する方法について説明する。この補正方法は、実際に発生した穴位置ずれのパターンに対応して送りピッチを補正することにより達成される。前記パンチエリア内の穴位置も前記パンチエリア間の場合と同様に、穴明けされた穴は、穴ひずみを累積して穴位置ずれ分布を有する。したがって、実際に発生した穴位置ずれのパターンに同期させ、送りピッチを補正し、穴位置ずれ量83を補正することができる。

【0058】図11は、前記図10において右から3番目のパンチエリアに対して穴位置ずれがほぼゼロになる送りピッチで穴明けをした場合の穴位置ずれ分布図である。前記図10では、右から3番目のパンチエリアの穴位置ずれは、穴明け開始点である右端においては設計穴位置に対して伸びており、また穴明け終了点である左端では縮んでいる。このため、送りピッチは穴位置ずれが伸びの場合には、伸び量だけ設計穴位置間ピッチより小さくし、縮みの場合には、縮み量だけ設計穴位置間ピッチより大きくすることにより相殺することができる。したがって、穴位置ずれ量83は、穴位置ずれ量を相殺する穴位置間ピッチで移動させる信号を関数発生装置13により発生させ、送りピッチを補正することにより低減することができる。

【0059】ただし、前記図10より明らかなように、穴明け加工装置の構造上、全パンチが同時に駆動することおよび各パンチエリアにおける穴位置ずれ分布のパターンが異なることから、穴位置ずれ量83を全てのパンチエリアに対してゼロにすることは実際上できない。

【0060】上記の補正法を用い、空孔率が38%のグリーンシートの用い、(シート厚さ/パンチ径)比が3.3、(穴間ピッチ/パンチ径)比が6の場合、穴位置ずれ量83は、前記従来の図7に示される ± 0.08 mmに対して約40%低減させることができた。

【0061】〔実施例 3〕次に、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の第2の実施例を図12、13、14、15および16を参照して説明する。図12は実質上の狭軸間ピッチ化によるグリーンシートの穴明け方法で、本実施例の(その1)の説明図、図13は図12の穴抜き順を実行するための穴明け制御処理のフローチャートを示す図、図14は本実施例の(その2)の穴抜き順の一例を示す説明図、図15は図14の穴抜き順を実行するための穴明け制御処理のフローチャートを示す図、図16は図12および図14の穴明け方法により得られた軸間ピッチ比率に対する穴位置ずれ比率を示す図である。

【0062】本実施例では、現象を単純化するためX6

軸、Y 6 軸、計 3 6 軸構成の軸選択穴明け装置において、Y 方向 6 軸のみに注目し、Y 方向 6 軸が同時に作動し、かつ X 方向及び Y 方向には 1 基本格子ずつ穴明けが進行するモデルをあげ、Y 方向 1 列の穴位置精度についてのみ考えることにする。すなわち、Y 方向 6 軸の各パンチピンはそれぞれ a ~ f の穴明けエリアの穴明けをする。

【0063】図 12 (イ) で a の穴明けエリアに着目すると、a の穴明けエリアを Y 方向で 2 つに分割し、まず、左側の分割エリアの 1 の列を X 方向に順次穴明けしていき、次に 1 の列と十分離れた右側の分割エリアの 2 の列を X 方向に順次穴明けし、次には左側の分割エリアの 1 の列の隣 3 の列を順次穴明けし、その次は右側の分割エリアの 2 の列の隣 4 の列を順次穴明けする。

【0064】この穴明け方法によれば、2 の列を X 方向に順次穴明けしていく際、既に穴明け済みの 1 の列は、2 の列から穴明け加工歪を受けない十分離れた所に存在するため殆ど変形（伸び）しない。従って、この穴明けエリア a の Y 方向に関しては、2 本のパンチピンで同時に穴加工したのと同等の効果をもつ。言い替えれば、軸間ピッチを $1/2$ したのと同等の効果をもつことになる。

【0065】次に、この穴明け方法による穴明け制御処理について、図 13 に示す該処理のフローチャートにより説明する。また、該フローチャートで用いられる記号を図 12 (ロ) を参照して説明する。a 1 はエリア a の真中から左側のエリアを示し、a 2 はエリア a の真中から右側のエリアを示す。L はエリア a の Y 方向の格子数および X 方向の格子数であり、I は $I = L/2$ である。Xn は X 方向の座標であり、Ym は a 1 エリアにおける Y 方向の座標であり、Ymm は a 2 エリアにおける Y 方向の座標である。n は X 方向の番地を示し、m は a 1 エリアにおける Y 方向の番地を示し、mm は a 2 エリアにおける Y 方向の番地を示す。

【0066】図 13 において、ステップ 1301 ~ 1303 で n, m, I の初期設定をし、ステップ 1304 で a 1 エリアにおける最初の Y 方向の番地を求める。ステップ 1305 ~ 1308 は a 1 エリアの X 方向への 1 列を穴明けするルーチンであり、先ず a 1 エリアの最初の列を穴明けする。ここで、MOVE: (Xn, Ym) は座標 (Xn, Ym) への移動を指示することを意味し、Hit は穴明けを指示することを意味する。

【0067】a 1 エリアの最初の列の穴明けが終了すると、ステップ 1309 で a 2 エリアにおける最初の Y 方向の番地 mm を求める。ステップ 1310 ~ 1313 は a 2 エリアの X 方向への 1 列を穴明けするルーチンであり、先ず a 2 エリアの最初の列を穴明けする。

【0068】a 2 エリアの最初の列の穴明けが終了すると、ステップ 1304 に進み、a 1 エリアの次の列の穴明けを行ない、次いで a 2 エリアの穴明けに進み、以

下、順次 a 1 エリアと a 2 エリアの穴明けが行なわれ、ステップ 1314 で $m = L/2$ になったとき穴明け処理は終了する。

【0069】図 14 は、プログラムソフトの分割抜き順の適正化によるグリーンシートの穴明け方法の他の実施例の概略説明図である。この例においても、現象を単純化するため、X 6 軸、Y 6 軸、計 3 6 軸構成の軸選択穴明け装置において、Y 方向 6 軸のみに注目し、Y 方向 6 軸が同時に作動し、かつ X 方向及び Y 方向には 1 基本格子ずつ穴明けが進行するモデルをあげ、Y 方向 1 列の穴位置精度についてのみ考えることにする。

【0070】図 14 (イ) で a の穴明けエリアに着目すると、a の穴明けエリアを Y 方向に 2 つに分割し、Y 方向に穴明けが進む場合、まず穴明け進行方向に対し真中から右のエリア 1 から進行方向に向かって順次穴明けしていき、次に進行方向に対し真中から左のエリア 2 を進行方向に向かって順次明けする。

【0071】この穴明け方法によれば、エリア 1 の特に一番最初に明けられた X 1 列は、エリア 1 の穴明けをしている間は進行方向と逆の方向に伸ばされているものの（エリア b ~ f の累積歪も加わる）、次のエリア 2 の穴明けの間は進行方向に伸ばされ、伸びが相殺しあうためエリア a 全体の伸びは低減する。

【0072】次に、この穴明け方法による穴明け制御処理について、図 15 に示す該処理のフローチャートにより説明する。また、該フローチャートで用いられる記号を図 14 (ロ) を参照して説明する。a 1 はエリア a の真中から左側のエリアを示し、a 2 はエリア a の真中から右側のエリアを示す。L はエリア a の Y 方向の格子数および X 方向の格子数であり、I は $I = L/2$ である。Xn は X 方向の座標であり、Ym は a 1 エリアにおける Y 方向の座標であり、Ymm は a 2 エリアにおける Y 方向の座標である。n は X 方向の番地を示し、m は a 1 エリアにおける Y 方向の番地を示し、mm は a 2 エリアにおける Y 方向の番地を示す。

【0073】図 15 において、ステップ 1501 ~ 1503 で n, m, I の初期設定をし、ステップ 1504 で a 1 エリアにおける最初の Y 方向の番地を求め、ステップ 1505 で a 2 エリアにおける最初の Y 方向の番地を求める。ステップ 1506 ~ 1509 は a 2 エリアの X 方向への 1 列を穴明けするルーチンであり、先ず a 2 エリアの最初の列を穴明けする。ここで、MOVE: (Xn, Ym) は座標 (Xn, Ym) への移動を指示することを意味し、Hit は穴明けを指示することを意味する。

【0074】a 2 エリアの最初の列の穴明けが終了すると、ステップ 1510 で $m < L/2$ であるかチェックし、Yes ならばステップ 1504 に進み、a 2 エリアの次の列の穴明けを行ない、 $m < L/2$ である間、a 2 エリアの列の穴明けを順次行ない、 $m = L/2$ になる

と、a 2 エリアにおける穴明けは終了し、ステップ 1 5 1 1 に進む。

【0075】ステップ 1 5 1 1 では $m=0$ 、 $n=1$ に再初期設定し、ステップ 1 5 1 2 で a 1 エリアにおける最初に穴明けする列の Y 方向の番地 m を求め、ステップ 1 5 1 3 ~ 1 5 1 6 からなるルーチンで最初の列の穴明けを行なう。a 1 エリアの最初の列の穴明けが終了すると、ステップ 1 5 1 7 で $m < L/2$ であるかチェックし、Yes ならばステップ 1 5 1 2 に進み、a 1 エリアの次の列の穴明けを行ない、 $m < L/2$ である間、a 1 エリアの列の穴明けを順次行なう。そして、ステップ 1 5 1 7 で $m = L/2$ になったとき、穴明け処理は終了する。

【0076】図 1 6 は、軸間ピッチ比率に対する穴位置ずれ比率を示す図で、実際にパンチピン本数を変えパンチピン間隔（軸間ピッチ）を変化させて穴明けした場合、前記図 1 2 に示す方法にて穴明けした場合および前記図 1 3 に示す方法にて穴明けした場合の 3 つのケースを示す。ここで、軸間ピッチ比率とは、パンチピンの軸と隣のパンチピンの軸との標準の間隔を Kmm としたとき、この時の軸間ピッチ比率を 100 [%] とし、 $K/2mm$ のとき 50 [%]、 $3K/2mm$ のとき 150 [%] とする。また、穴位置ずれ比率とは、軸間ピッチ比率 100 [%] の場合の穴位置ずれを 100 [%] とし、穴位置ずれが少なくなると穴位置ずれ比率も少なく、穴位置ずれが大きくなると穴位置ずれ比率も大きくなる。

【0077】図中、符号 1 で示すのは、実際にパンチピン本数を変えパンチピン間隔（軸間ピッチ）が変化した際の穴位置ずれ比率を表しており、符号 2 で示すのは、前記図 1 2 に示した方法による実質上の狭軸間ピッチ化をした場合の穴位置ずれ低減の様子を表しており、また符号 3 で示すのは、前記図 1 4 に示した方法による分割エリア抜き順の適正化時の穴位置ずれ低減の様子を表す。この結果から、上記図 1 2 ないし図 1 5 に示す穴明け加工方法の改良による実質上の狭軸間ピッチ化、および分割エリア抜き順の適正化は、パンチピン本数を増やしパンチピン間隔を縮めた（軸間ピッチを小さく）のと同等の位置ずれ低減効果を示し、上記穴明け加工方法の妥当性を示している。

【0078】以上、本実施例を単純な系で説明したが、本実施例は、X 方向を始め、狭軸間ピッチ距離、分割数等その主旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

【0079】〔実施例 3〕次に、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の第 2 の実施例を図 1 7、1 8、1 9、2 0 を参照して説明する。図 1 7 は、穴明け加工方法における穴明け押込み荷重とパンチストロークとの関係を示す線図、図 1 8 は、穴明け加工方法における異なる方法の穴明け方法による穴位置ずれ量の分布図、図 1 9 は、穴明け加工方法における穴位置

ずれの発生メカニズムの説明図、図 2 0 は、穴明け加工方法におけるグリーンシートの空孔率と、穴位置ずれ量との関係を示す線図である。

【0080】前述のパンチピン間隔およびパンチ送りピッチの補正による穴明け法においても、グリーンシート自身の物理的特性の相違により穴位置ずれ量 8 3 が異なってくる。前記穴位置ずれ量 8 3 のばらつきは、穴位置ずれ量に影響をおよぼす物理的特性を制御することにより低減させることができる。

【0081】図 1 7 は、グリーンシートに穴明け加工した場合のパンチピン 2 1 の押込み荷重とパンチストロークとの関係を示す説明図で、図中、1 7 1 は最大押込み荷重発生位置を示す。一般に穴明け工程は、後述（図 1 9）するように穴明け開始後にパンチピン 2 1 がグリーンシートを押込み、最大押込み荷重発生位置 1 7 1 でパンチ側とダイ側にクラックが伝播し、パンチストロークの増大と共に、いわゆる抜きカスが除去されるものと考察されている。

【0082】図 1 8 は、グリーンシートに穴明け加工した場合の穴位置と穴位置ずれ量との分布を示すが、図 1 8 (a) は、いわゆる一般的な穴明けを施した場合の穴位置ずれ量 8 3 を、また、図 1 8 (b) は、前記図 1 7 に示す最大押込み荷重発生位置 1 7 1 にてパンチピン 2 1 を止めた場合の穴位置ずれ量 8 3' を示した分布図である。図 1 8 (a)、(b) に示す如く、穴位置ずれ量 8 3 と 8 3' とは、ほぼ同一の値になっている。

【0083】図 1 9 は、穴位置ずれの発生メカニズムを模式的に示した説明図である。図中、1 9 1 は半径方向に伝播する圧力、1 9 2 はグリーンシートである。すなわち、グリーンシートの穴明け加工時に発生する穴位置ずれは、上記図 1 7 に示した最大押込み荷重発生位置 1 7 1 までの間でパンチピン 2 1 直下部分のグリーンシート材料が圧縮され、その圧縮された部分が半径方向に圧力 1 9 1 を伝播し、その結果発生するものと考察される。

【0084】したがって、グリーンシートの穴明け加工時に発生する穴位置ずれは、半径方向に伝播する圧力 1 9 1 を抑制することにより低減できると推測される。この半径方向の圧力 1 9 1 は、押込み荷重が小さく、かつ押込み荷重の半径方向への荷重伝播性が小さい場合には低減する。このため、穴位置ずれ量 8 3 を小さくするためのグリーンシートに必要な物理的特性は、圧縮応力が小さいことおよび圧力伝播性が小さいことである。

【0085】上記二つの特性を満足させる方法の一つは、グリーンシート内にある空孔の体積占有率、すなわち空孔率を増大させることである。グリーンシートは、セラミック粒子、バインダおよび空孔で構成されているため、空孔率を高めることによりグリーンシート材料の圧縮性が大きくなる。これにより、圧縮応力は小さくなり、圧力伝播性も低減する。また、同様の効果を得るためにセラミック粒子、バインダの体積を低減してもよい

ことはいうまでもない。

【0086】図20は、同一のセラミック粒子量に対しバインダの量を変えてグリーンシートの空孔率を変化させた場合、その空孔率と、穴位置ずれ量との関係を示した線図である。図20に示す如く、空孔率を1%増大させることにより、穴位置ずれ量83を約10%低減させることができる。また、同一のグリーンシート組成においても、穴明け加工時に発生する半径方向の圧力191を小さくすることができれば、穴位置ずれ量83は低減する。その方法の一つとしてグリーンシート厚さを薄くする方法が考えられる。

【0087】この方法は、上記図17に示した最大押込み荷重が、シート厚さを薄くすると小さくなるため、同一のパンチ径であれば圧縮応力も小さくなる。このため、圧力伝播性が同一であっても半径方向へ伝播する圧力191が小さくなり、その結果穴位置ずれ量83も小さくなる。

【0088】〔実施例 5〕次に、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の第4の実施例を、図21を参照して説明する。図21は、穴明け加工方法におけるグリーンシート厚さ/パンチ径比と穴位置ずれ量との関係を示す線図である。図21には、同一組成のグリーンシートに対し（シート厚さ/パンチ径）比低減による穴位置ずれ量の低減効果を説明しているが、（シート厚さ/パンチ径）比が3.3を境に、その前後では穴位置ずれ量83に対する影響度が異なる。これを利用して、（シート厚さ/パンチ径）比を3.3以下にすることにより、穴位置ずれ量83が小さく、かつばらつき小さい穴明け加工ができる。

【0089】〔実施例 6〕次に、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の第5の実施例を、図22ないし図24を参照して説明する。図22は、穴明け加工時の温度低下による穴位置ずれ量の低減効果の説明図、図23は、穴明け加工時の湿度低減による穴位置ずれ量の低減効果の説明図、図24は、穴間ピッチ/パンチ径比低減による穴位置ずれ量の低減効果の説明図である。

【0090】同一組成のグリーンシートに対し圧力伝播性を小さくする方法として、穴明け加工時の温度、湿度あるいは環境を制御する方法が考えられる。

【0091】まず、温度を制御し、圧力伝播性を小さくする方法を説明する。図22は、バインダ材料およびそのバインダを用いて成形したグリーンシートのヤング率の温度依存性を示した線図である。図中、印で示す221はバインダ材料単体のヤング率、○印で示す222はそのバインダを用いて成形したグリーンシートのヤング率である。バインダ材料のガラス転移点、すなわちTg点は約10℃であり、一方、グリーンシートのヤング率222はバインダ材料単体のヤング率221の温度依存性を反映して、バインダの前記Tg点近傍で大きな値

になる。

【0092】すなわち、グリーンシートのヤング率222の増加は、前記図19に示したグリーンシートの穴明け時に半径方向に伝播する圧力191を抑制する作用を有する。したがって、グリーンシートの変形抵抗は、前記バインダのTg点近傍の温度で大きくなり、穴明け加工時に半径方向に伝播する圧力191も温度の低下に伴い減少し、図に点線で示す穴位置ずれ量83も温度の低下に伴い減少する。図22に示す如く、穴明け加工時の温度を前記バインダ材料のTg点、すなわち10℃以下にすることにより、従来の室温、すなわち23℃で約0.1mmであった穴位置ずれ量83を半減することができる。

【0093】次に、湿度を制御し、圧力伝播性を小さくする方法を説明する。図23は、バインダ材料およびそのバインダを用いて成形したグリーンシートのヤング率の湿度依存性を一部に示した線図である。図示の如く、湿度50%で約0.1mmの従来の穴位置ずれ量83は、湿度40%以下で穴明け加工することにより圧力伝播性が低下して半減する。この結果より、穴位置ずれ量83はバインダ材料が湿度依存性を有する場合、湿度を変化させることによっても低減することができる。

【0094】次に、環境を制御し、圧力伝播性を小さくする方法を説明する。同一組成のグリーンシートにおいて、圧縮応力および圧力伝播性が同一の環境にて穴明け加工をする場合でも、該穴明け加工の際に、圧力が伝播される距離より穴間ピッチを大きくすることにより、穴位置ずれ量を低減することができる。

【0095】図24は、1穴当たりの穴位置ずれ量と（穴間ピッチ/パンチ径）比の関係を示した線図で、穴間ピッチが変化すると、同一パンチエリアで穴明けをする穴数が異なるので、穴位置ずれ量を穴数で除した1穴当たりの穴位置ずれ量を示している。図示の如く（穴間ピッチ/パンチ径）比は、5を境に、その前後で穴位置ずれ量83に対する影響度が異なる。このため、（穴間ピッチ/パンチ径）比を5以上にすることにより、穴位置ずれ量83が小さく、かつばらつき小さい穴明け加工をすることができる。

【0096】〔実施例 7〕次に、本発明に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の第6の実施例を、図25ないし図31を参照して説明する。本実施例は、穴抜き順を変更して累積ひずみを低減し、穴位置ずれ量を低減せんとするものである。図25は、従来の穴明けパターン（前記図4）に対する半径方向の圧力と隣接する穴の変位量のシミュレーション図、図26は、本実施例に係る穴明け加工方法の穴抜き順の例を示す説明図、図27は、図26の穴明けパターンの第二周目に対する半径方向の圧力と隣接する穴の変位量のシミュレーション図、図28は、本発明の穴明けマトリックスエリアの穴抜き順の例を示す説明図、図29は、図28にお

ける一パンチエリアに対する穴抜き順の略示説明図、図30は、本実施例に係る穴明け加工方法の他の穴抜き順の例を示す説明図、図31は、各種穴明け順と穴位置ずれ量低減率との関係説明図である。

【0097】図25は、前記図4に示されるグリーンシートの穴明け順により、半径方向の圧力191により隣接する穴あるいは穴位置が受ける変位量を、有限要素法を用いてシミュレーションした結果を示す線図である。すなわち、図25は、前記図4に示す穴抜き順に対し、穴明け加工した穴位置を中心に3×3のマトリックス状にある穴もしくは穴明け位置を取出してモデル化しシミュレーションした線図である。図中、251は穴明け加工した穴の左に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量、252は右に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量、253は前（図では上側）に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量、254は後（図では下側）に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量を示すものである。

【0098】前記図4に示す穴抜き順では、穴明け加工した穴位置に対し、X方向第1列目を除き常に前（図では上側）と右の位置にはすでに穴明け加工された穴が存在するが、後（図では下側）と左の位置には穴は存在しない。このため、同一の半径方向の圧力191に対する穴位置ずれ量は、形状による材料の剛性の非対称性から方向性がある。すなわち、常に、前（図では上側）に隣接する穴もしくは穴位置のずれ量253は、後（図では下側）に隣接する穴もしくは穴位置のずれ量254より大きく、右に隣接する穴もしくは穴位置のずれ量252は、左に隣接する穴もしくは穴位置のずれ量251より大きくなる。また、この場合、（前に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量253／後に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量254）＝（右に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量252／左に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量251）＝2である。この結果より、前記図4に示した穴抜き順では、グリーンシートに明けられた穴は常に前および右方向にずれることになる。

【0099】これに対し、図26は、本実施例に係る穴明け加工方法の穴抜き順の例を示す図で、図中、261はパンチエリア81における一周目の穴明け順およびその位置、262は二周目の穴明け順およびその位置を示すものである。パンチエリア81に対し、一周目の穴明け順261は、X方向第1列目に対し図中の番号の奇数位置に $n/2$ 個の穴明けを行い、次に、X方向第2列に対し図中番号の偶数位置に $n/2$ 個の穴明けをし、以下、X方向第 n 列まで穴明け位置を一穴ずつ飛ばす穴明け順である。二周目の穴明け順262は、残り穴に対し図中の番号に従いX方向第1列目からX方向第 n 列目まで一周目と同様に1穴ずつ飛ばす穴明け順である。本例における穴抜き順での第一周目の穴位置ずれ量83は、前記図24に示した如く、（穴間ピッチ／パンチ径）比にしたがって低減する。

【0100】つぎに図27は、図26における第二周目の穴明けパターンに対するシミュレーションの結果を示す図であるが、二周目の穴明け順262の穴明けパターンは、穴明け加工した穴位置に対して常に前後左右の位置にすでに穴明け加工された穴が有る状態になる。このため、穴位置ずれ量83は、前記図4に示す穴明け順の場合とは異なり、前（図では上側）に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量253と、後（図では下側）に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量254とはほぼ等しく、右に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量252と左に接する穴あるいは穴位置のずれ量251ともほぼ等しくなり、（前に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量253／後に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量254）＝（右に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量252／左に隣接する穴あるいは穴位置のずれ量251）＝1となる。このため、前記図26に示した穴抜き順の第二周目では、グリーンシートに明けられた穴の位置ずれ量83は、相互にほぼ相殺されることになる。

【0101】以上の結果より、図26に示した穴抜き順は、前記図4に示した穴抜き順と比較した場合、位置ずれ量83を前記図24に示した（穴間ピッチ／パンチ径）比に対応した割合で低減する。特に、（穴間ピッチ／パンチ径）比が10以下の場合には、穴位置ずれ量83を約半減にすることができる。

【0102】つぎに、図28から図30までは、前記図26に示した本実施例による穴明け順を応用した例を示すものである。

【0103】図28は、本実施例による穴明け順を全穴明けエリアの分割マトリックス31に適用する方法を示しており、最初に図中31'に示したマトリックスを同時に穴明け加工し、次に31"に示したマトリックスを同時に穴明け加工する方法である。

【0104】また、図29は、本実施例による穴明け順をパンチエリア81に適用する方法を示しており、パンチエリア81を十字に4等分し、図中の番号①、②、③、④にしたがい、穴明け加工を行なう方法である。

【0105】さらに、図30は、図26で示した穴明け順の改良形であり、1穴ずつ飛ばすのではなく3穴ずつ飛ばして穴明け加工する穴明け順である。図中、301は、三周目の穴明け順およびその位置、302は四周目の穴明け順およびその位置を示すものである。各周目における穴明け順は、図26の場合と同様である。

【0106】図31は、空孔率が38%のグリーンシートを用い、温度10℃、湿度30%、（シート厚さ／パンチ径）比が3.3、（穴間ピッチ／パンチ径）比が6の場合の穴位置ずれ量83の低減率を示すものである。図中、(I)は前記図4に示した従来法での穴明け順、(II)は前記図4と図29との方法を併用した穴明け順、(III)は図26と図29との方法を併用した穴明け順、(IV)は図29と図30との方法を併用した穴明け順、

け順、(V)は図28と図29と図30との方法を併用した穴明け順を示すものである。図に示すように、穴位置ずれ量83は、本実施例の適用により従来法に対し約80%低減することができる。

【0107】

【発明の効果】以上、詳細に説明した如く、本発明の構成によれば、パンチ穴の間隔を相対的に調整し、その位置ずれを修正し、スルーホール加工、穴埋めおよび配線印刷工程段階での加工精度および信頼性を向上させ、特に穴埋め時の歩留まりを向上させるセラミックグリーンシートの穴明け加工方法およびその装置を提供することができる。

【0108】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るセラミックグリーンシートの穴明け加工装置の基本構成の略示説明図である。

【図2】図1の実施例に係る穴明け加工装置の部分拡大図である。

【図3】従来のセラミックグリーンシートの穴明け加工方法の説明図である。

【図4】図3の穴明け加工方法の穴明け順の説明図である。

【図5】図3の穴明け加工方法による変位図である。

【図6】図4の穴明け加工方法による加工位置の実測値を示す線図である。

【図7】図6の加工位置の実測値と設計位置との誤差を示す線図である。

【図8】本発明の穴明け加工方法の第1の実施例に係わる穴位置ずれ量を示す線図である。

【図9】図8の穴明け加工方法における穴位置ずれ量の補正方法の説明図である。

【図10】図8の穴明け加工方法における穴位置ずれ量の補正後の分布図である。

【図11】図8の穴明け加工方法における穴位置ずれ量の他の補正後の分布図である。

【図12】本発明の穴明け加工方法の第2の実施例（その1）における穴抜き順の一例を示す説明図である。

【図13】図12の穴抜き順を実行するための穴明け制御処理のフローチャートを示す図である。

【図14】本発明の穴明け加工方法の第2の実施例（その2）における穴抜き順の一例を示す説明図である。

【図15】図14の穴抜き順を実行するための穴明け制御処理のフローチャートを示す図である。

【図16】図12及び図14の穴明け方法により得られた軸間ピッチ比率に対する穴位置ずれ比率を示す図である。

【図17】本発明の穴明け加工方法の第3の実施例に係わる説明図で、穴明け押込み荷重とパンチストロークとの関係を示す線図である。

【図18】従来の穴明け加工方法による穴位置ずれ量の

一例を示す分布図である。

【図19】穴明け加工方法における穴位置ずれの発生メカニズムの説明図である。

【図20】穴明け加工法におけるグリーンシート内の空孔率と、穴位置ずれ量との関係を示した線図である。

【図21】本発明の穴明け加工方法の第4の実施例に係わる説明図で、（グリーンシートのシート厚／パンチ径）比と穴位置ずれ量との関係を示す線図である。

【図22】本発明の穴明け加工方法の第5の実施例に係わる説明図で、穴明け時の温度低下による穴位置ずれ量の低減効果の説明図である。

【図23】本発明の穴明け加工方法の第5の実施例に係わる説明図で、穴明け時の温度低減による穴位置ずれ量の低減効果の説明図である。

【図24】本発明の穴明け加工方法の第5の実施例に係わる説明図で、（穴間ピッチ／パンチ径）比低減による穴位置ずれ量の低減効果の説明図である。

【図25】本発明の穴明け加工方法の第6の実施例に係わる説明図で、図4に示す穴明けパターンに対する半径方向の圧力と隣接する穴の変位量のシミュレーション図である。

【図26】本発明の穴明け加工方法の第6の実施例に係わる説明図で、穴明け加工方法における穴抜き順の一例を示す図である。

【図27】本発明の穴明け加工方法の第6の実施例に係わる説明図で、図26の第二周目の穴明けパターンに対する半径方向の圧力と隣接する穴の変位量のシミュレーション図である。

【図28】本発明の穴明け加工方法の第6の実施例に係わる説明図で、穴明けマトリックスエリアの穴抜き順の例を示す図である。

【図29】本発明の穴明け加工方法の第6の実施例に係わる説明図で、図28における一パンチエリアに対する穴抜き順の略示図である。

【図30】本発明の穴明け加工方法の第6の実施例に係わる説明図で、他の穴抜き順の例を示す図である。

【図31】本発明の穴明け加工方法の第6の実施例に係わる説明図で、各種穴明け順と穴位置ずれ量低減率との関係図である。

【図32】従来のグリーンシートの穴明け加工装置を模式的に示した図である。

【符号の説明】

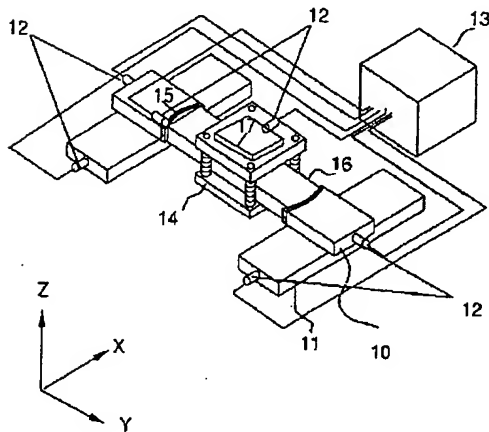
10…X方向ステージ、11…Y方向ステージ、12…駆動パルスモータ、13…関数発生装置、14…ダイセット、15… θ 方向回転ステージ、16…グリーンシート枠保持用治具、17…パンチヘッド、20…ソレノイドコイル、21…パンチピン、22a…ダイセット上型、22b…ダイセット下型、23…パンチガイドブッシュ、24…弾性材、25…ダイセット上型支持部材、26…ダイブッシュ、27…穴、31、31'、31"

23

…穴明けエリア分割マトリックス、5 1…第1列目 (n 個) の穴を加工した時点での1、 $n/2$ および n 番目の座標位置、5 2…第 $n/4$ 列目の穴を加工した時点での1、 $n/2$ および n 番目の穴の座標位置、5 3…第 $n/2$ 列目の穴を加工した時点での1、 $n/2$ および n 番目の穴の座標位置、5 4…第 $3n/4$ 列目の穴を加工した時点での1、 $n/2$ および n 番目の穴の座標位置、5 5…第 n 列目 (n^2 個) の穴を加工した時点での1、 $n/2$ および n 番目の穴の座標位置、8 1…穴抜きエリアをマトリックス状に分割した1パンチエリア、8 2…パンチエリア内での穴位置ずれの平均値、8 3…穴位置ずれ量、8 3'…最大押込み荷重発生位置でパンチを止めた

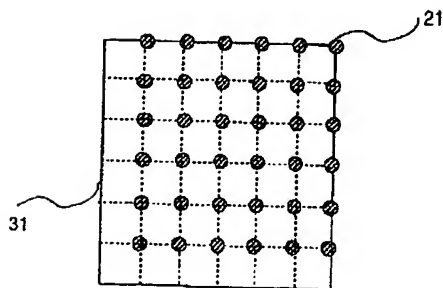
【図1】

【図1】



【図3】

【図3】

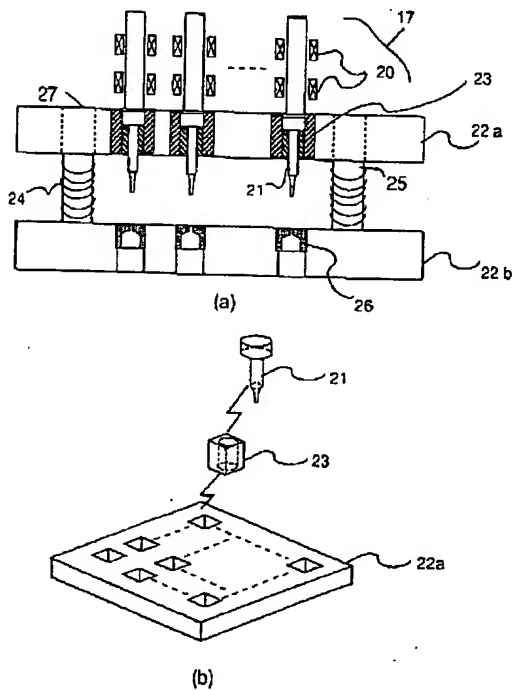


24

場合の穴位置ずれ量、1 7 1…最大押込み荷重発生位置、1 9 1…半径方向に伝搬する圧力、1 9 2…グリーンシート、2 2 1…バインダ材料単体のヤング率、2 2 2…グリーンシートのヤング率、2 5 1…左に隣接する穴或いは穴位置のずれ量、2 5 2…右に隣接する穴或いは穴位置のずれ量、2 5 3…前に隣接する穴或いは穴位置のずれ量、2 5 4…後に隣接する穴或いは穴位置のずれ量、2 6 1…1周目の穴明け順およびその位置、2 6 2…2周目の穴明け順およびその位置、3 0 1…3周目の穴明け順およびその位置、3 0 2…4周目の穴明け順およびその位置、3 2 1…シート枠、3 2 2…XY移動テーブル。

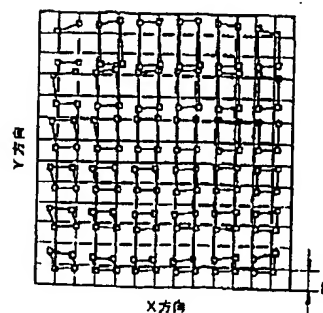
【図2】

【図2】



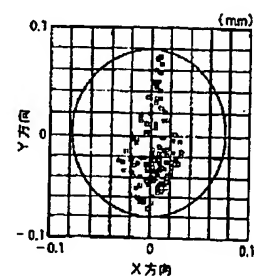
【図6】

図 6



【図7】

図 7

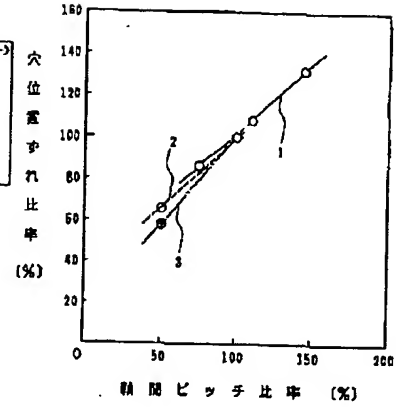
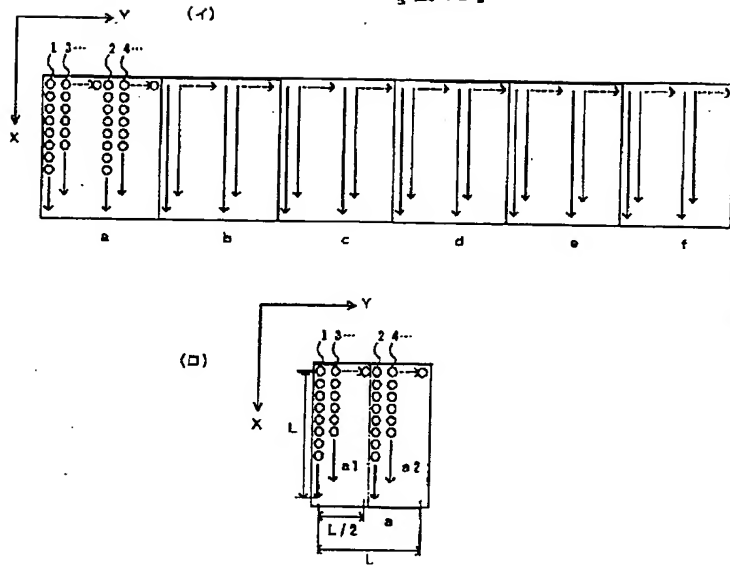


【図12】

【図16】

【図12】

【図16】

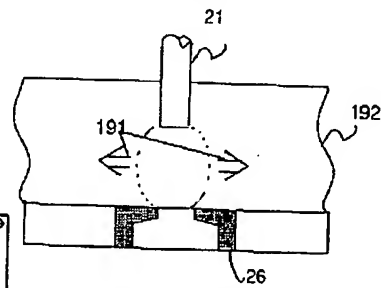
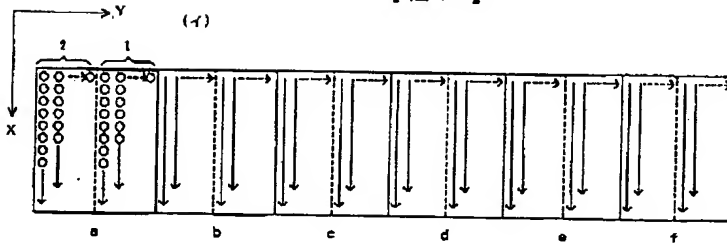


【図14】

【図19】

【図14】

【図19】



【図20】

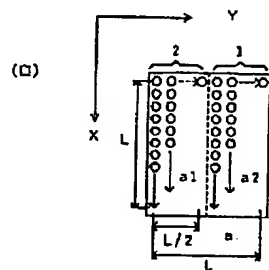
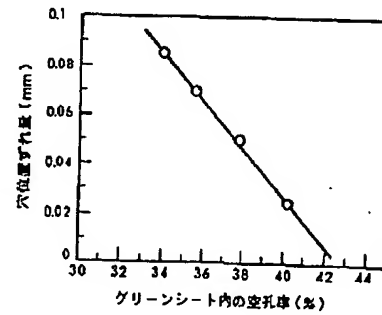
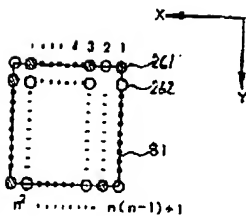


図 20



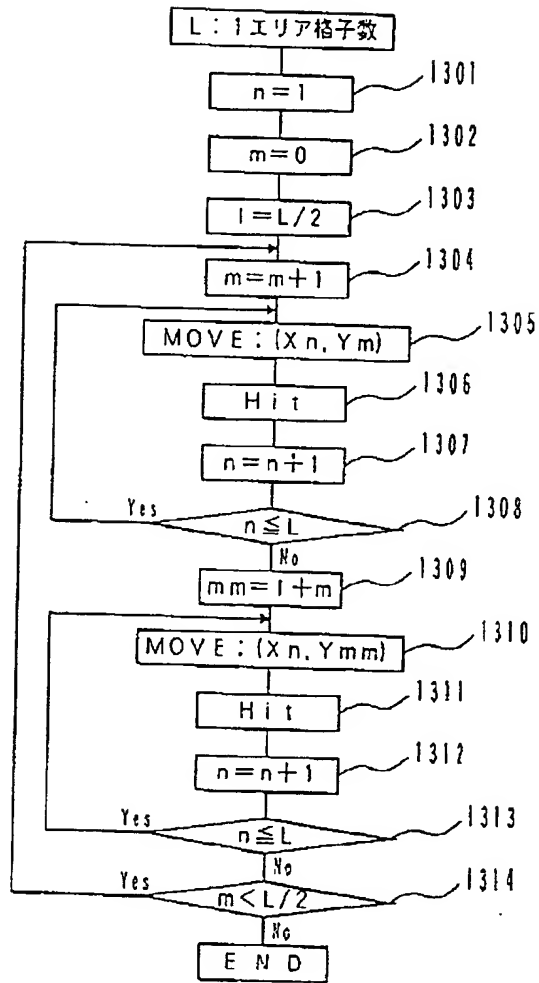
【図26】

図 26



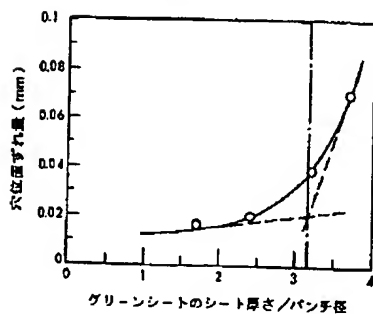
【図13】

【図13】



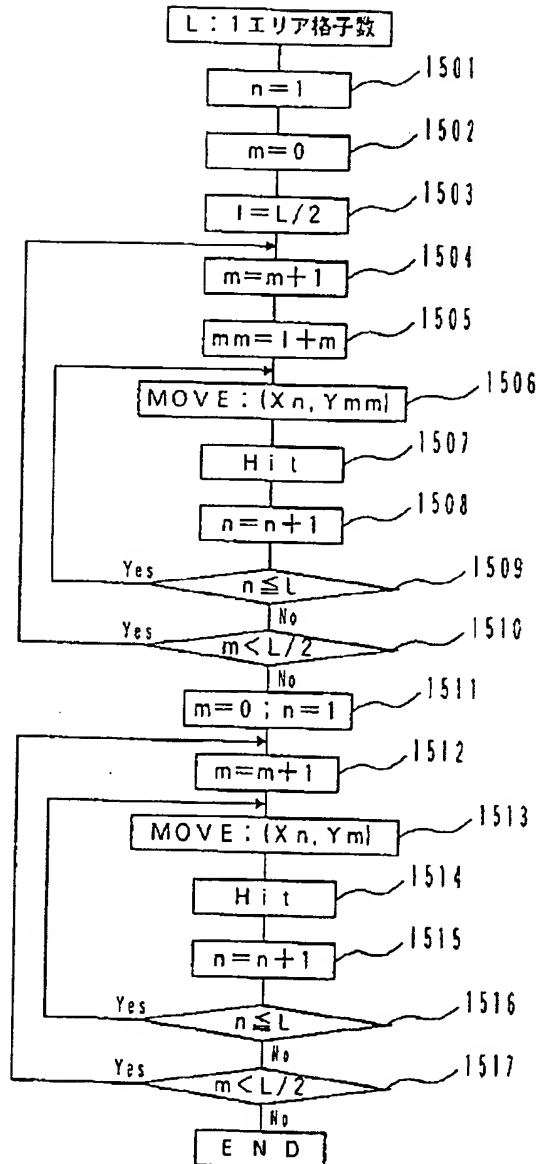
【図21】

図 21



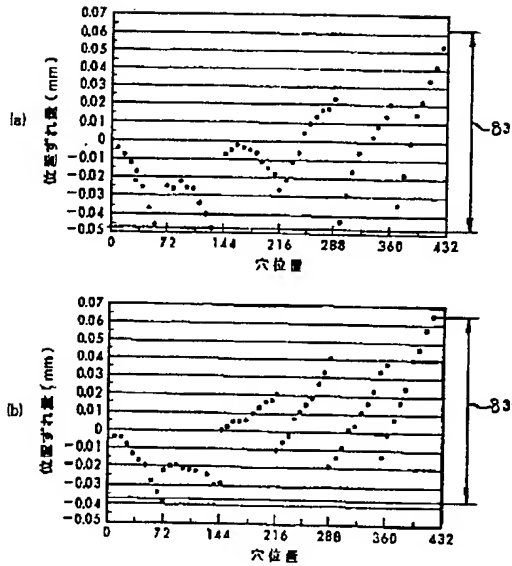
【図15】

【図15】



【図18】

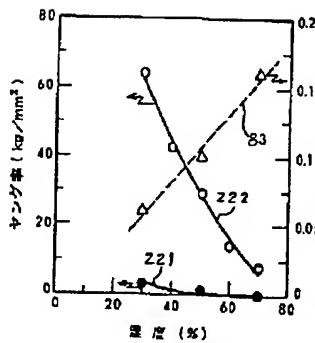
図 18



83…穴位置ずれ量
83'…最大押込み前壁発生位置 51 でパンチを止めた場合の
穴位置ずれ量

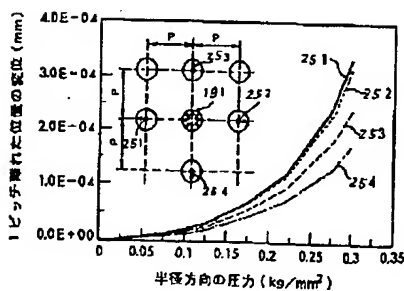
【図23】

図 23



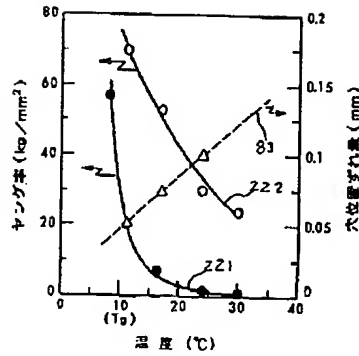
【図27】

図 27



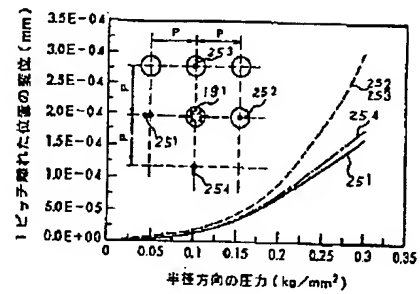
【図22】

図 22



【図25】

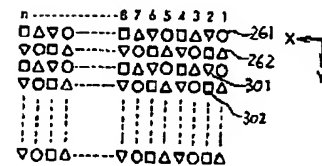
図 25



251…左に隣接する穴或いは穴位置のずれ量
252…右に隣接する穴或いは穴位置のずれ量
253…上に隣接する穴または穴位置のずれ量
254…下に隣接する穴或いは穴位置のずれ量

【図30】

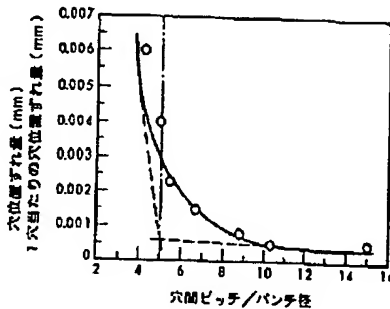
図 30



261…1 目の穴明け順およびその位置
262…2 目の穴明け順およびその位置
301…3 目の穴明け順およびその位置
302…4 目の穴明け順およびその位置

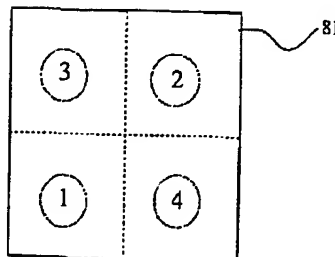
【図24】

図 24



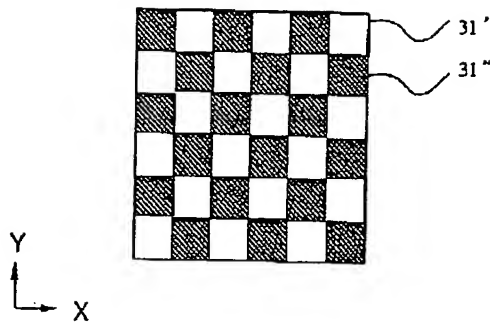
【図29】

【図29】



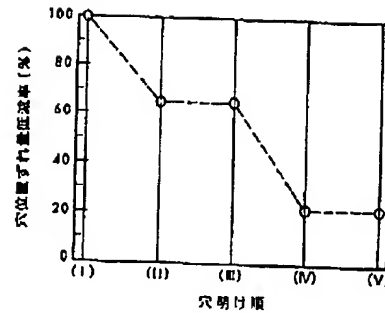
【図28】

【図28】



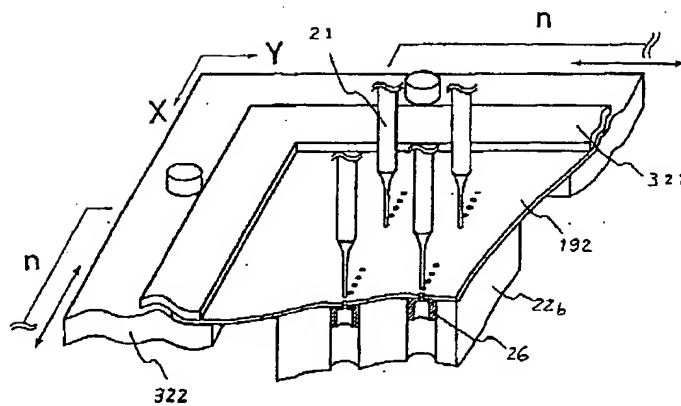
【図31】

図 31



【図32】

【図32】



フロントページの続き

(72)発明者 村山 伸康

神奈川県秦野市戸堀山下1番地 株式会社
日立製作所汎用コンピュータ事業部内

(72)発明者 高橋 一敏

神奈川県秦野市戸堀山下1番地 株式会社
日立製作所汎用コンピュータ事業部内

(72)発明者 千石 則夫

神奈川県秦野市戸堀山下1番地 株式会社
日立製作所汎用コンピュータ事業部内

(72)発明者 岡田 健一

神奈川県秦野市戸堀山下1番地 株式会社
日立製作所汎用コンピュータ事業部内